# GEOINDICADORES DOS EFEITOS DA URBANIZAÇÃO NOS SISTEMAS FLUVIAIS MEÂNDRICOS DOS RIOS TIETÊ E PINHEIROS – AVALIAÇÃO DOCUMENTAL

Deborah Luciana Ribeiro de CARVALHO[1]

RESUMO

No último século com a apropriação e expansão urbana da metrópole, os sistemas fluviais meândricos dos rios Tietê e Pinheiros (Figura 1), da mesma maneira que os demais sistemas fluviais do município de São Paulo, foram direta ou indiretamente modificados (Figura 2). Como intervenção direta passaram por projetos de retificação, ocupação de planícies fluviais (várzeas), rebaixamento da calha e/ou modificações na seção transversal, entre outros. Indiretamente, toda a bacia hidrográfica sofreu mudanças em suas formas e materiais superficiais.

Figura 1. Rio Tietê (FPHESP, 1929)

Figura 2. Rio Tietê (Revista Engenharia, 2003)

Os objetivos desta pesquisa residem no tratamento - levantamento, sistematização e avaliação - de documentação potencial para estudos de Geoindicadores (COLTRINARI, 1996) e de Geomorfologia Retrospectiva (AB´SABER, 2002 *apud* RODRIGUES, 2004) nos referidos sistemas fluviais meândricos, por meio de indicadores de mudanças nos processos e nas formas fluviais, estabelecidos via literatura geomorfológica (RODRIGUES&COLTRINARI, 2004).

[1] Universidade de São Paulo, Pós Graduanda em Geografia Física sob a orientação da Profa. Dra. Cleide Rodrigues, delurica@usp.br.

Entre os documentos considerados potenciais ao nosso estudo estão, essencialmente relatórios técnicos e projetos executivos de engenharia elaborados para realização das intervenções diretas, como por exemplo, a retificação.

Este artigo apresenta resultados parciais da pesquisa, após levantamento exaustivo das fontes documentais, seleção de arquivos e tipos documentais, elaboração de metodologia de pesquisa, e sistematização de parcela significativa dos dados.

## INTRODUÇÃO

Em 1994 a União Internacional de Ciências Geológicas (IUGS) realizou o I Workshop Internacional sobre Indicadores Geológicos de Mudanças Rápidas, no Canadá, no qual cerca de quarenta especialistas em ciências da terra, de treze países, foram convidados a contribuir a respeito da necessidade de avaliar as mudanças ambientais rápidas, naturais e induzidas pelo homem. Deste evento surgiu a proposição dos geoindicadores, que são indicadores de mudanças dos processos superficiais ocorridas em períodos de cerca de 100 anos e significativas para monitoramentos e avaliações ambientais. (BERGER & IAMS, 1996; COLTRINARI, 1996).

Neste evento foi definida uma lista inicial de geoindicadores e criado o COGEOENVIRONMENT - Grupo de Trabalho sobre o tema, ligado a Comissão de Ciências Geológicas para o Planejamento, com objetivo de buscar o aperfeiçoamento desta lista inicial e a sistematização de parâmetros e procedimentos, tais como técnicas, medidas, escalas e indicadores para a compreensão e dimensionamento das transformações realizadas na superfície terrestre, realizadas ou não, por ações humanas.

Segundo Cooke&Doornkamp (1974), Tricart (1977), Hart (1986), Rodrigues (1997; 1999; 2004), Nir (1983) e Toy&Hadley (1992): a geomorfologia, no conjunto das ciências da Terra, detém aparato teórico-metodológico fundamental para contribuir com essas avaliações e dimensionamentos, principalmente na questão da inserção da ação antrópica.

Rodrigues (1997; 2004) coloca que o estudo dessas mudanças envolve a necessidade prévia de conhecimento sobre os sistemas geomorfológicos nos estágios pré-intervenção (geomorfologia retrospectiva) para posterior comparação com as situações modificadas, parâmetro fundamental sem o qual o dimensionamento não é possível.

Em áreas urbanas, altamente modificadas pela ação humana, esta tarefa necessita de documentos históricos, tais como: relatórios técnicos, projetos de engenharia, cartografia de base atuais, material iconográfico (inclusive aerofotografias), relatos de moradores, entre outros, pois algumas dessas fontes de pesquisa ainda não foram, ou foram pouco, exploradas em estudos geomorfológicos e estas fontes contém ainda que de forma fragmentada, as informações sobre formas, processos e materiais, centrais na análise geomorfológica.

Assim é que a pesquisa propõe-se a realizar um trabalho documental de forma a permitir o acesso aos dados de natureza geomorfológica existente em algumas dessas fontes ainda pouco exploradas, sobre os sistemas fluviais meândricos das planícies dos rios Tietê e Pinheiros, dentro do município de São Paulo e contribuir para o dimensionamento das mudanças impressas pelas intervenções realizadas neste sistema físico.

Para realização dessa proposta a pesquisa tem por objetivos o levantamento, sistematização e avaliação de documentação potencial para estudos geomorfológicos nos sistemas fluviais referidos, por meio de (geo)indicadores pré-estabelecidos e selecionados de mudanças nos processos e nas formas fluviais, gerando instrumentos de acesso, como fichas de pesquisa, listas, quadros, catálogos, etc. A partir de documentos arquivados serão produzidos novos documentos (instrumentos de pesquisa), objetivando atender a demanda por geoindicadores e avaliar o potencial de utilização de documentação histórica para esta

leitura, essencialmente no que tange aos estudos de mudanças ambientais provocadas pela urbanização em países do trópico úmido (COLTRINARI, 1996; GUPTA, 1999; RODRIGUES, 2004).

A pesquisa ainda que trate de tema específico visa também colaborar com a antropogeomorfologia, teoria em desenvolvimento que estabelece orientações para o tratamento das ações humanas na superfície e com a compreensão da urbanização como fenômeno geomorfológico, na medida em que apresenta taxas, transporte e sedimentação específicos, vetores, balanços e processos também específicos. (DOUGLAS, 1983; LIMA, 1990; CARVALHO, 2002; RODRIGUES, 2004)

A tentativa busca trabalhar com indicadores geomorfológicos (forma, materiais e processos) específicos para sistemas fluviais (canais) e para a modalidade de intervenção antrópica que é a urbanização, mais especificamente a canalização (CUNHA, 1999).

Para o tratamento da urbanização no meio tropical úmido, referência fundamental sobre os geoindicadores foi encontrada em Rodrigues&Coltrinari (2004), neste artigo há a sistematização (Tabela 1) por meio da disposição e separação por escalas, sistemas geomorfológicos e por tipo de intervenção antrópica significativas do ponto de vista da geomorfologia, organizadas quanto aos parâmetros morfológicos, aos materiais superficiais e aos processos.

TABELA 1: Geoindicadores relativos a sistemas fluviais (Fonte: RODRIGUES&COLTRINARI, 2004 – Adaptado por CARVALHO, 2004)

| | | |
|---|---|---|
| Bacia hidrográfica | $Km^2$/ano ou década | INDICADORES MORFOLÓGICOS (naturais e antropogênicos) |
| **Planície de inundação** | $Km^2$/ano ou década | |
| **Seção transversal** | $m^2$/ano ou década | |
| **Gradiente Fluvial** | m ou Km/ano ou década | |
| **Largura do canal** | m/ano ou década | |
| **Profundidade** | m/ano ou década | |
| **Perfil longitudinal do canal** | /ano ou década | |
| **Sedimentos fluviais** das planícies:<br>- Mineralogia<br>- Textura<br>- Propriedades mecânicas | $m^3$/ano ou década | MATERIAIS SUPERFICIAIS E USO DA TERRA |
| **Vazão**<br>-rios | $m^3$/s/dia ou mês ou ano | PROCESSOS Intervenção direta |
| -transposição de bacias hidrográficas | $m^3$/s/dia ou mês ou ano | |
| -canal | $m^3$/s/dia ou mês ou ano | |
| -desassoreamento | $m^3$/dia ou ano | |
| -Vazão de pico | $m^3$/s/dia ou hora | PROCESSOS Derivados |
| -Carga Sedimentar | $m^3$; textura; freqüência | |
| -Nível de Inundação | m; evento; ano | |
| -Áreas inundadas | localização; $m^2$ ou Km/ dia ou ano | |
| -Assoreamento | $m^2$ ou m/ano; $m^3$ ou m/ano | |

## MÉTODOS e TÉCNICAS

A sistematização proposta por Rodrigues&Coltrinari (2004) sugere uma lista de geoindicadores morfológicos (naturais e antropogênicos), que após seleção serão adotados como “guias” para a investigação dos documentos, o que fornecerá o eixo principal para a pesquisa e os temas para fichas de pesquisa, procedimento metodológico baseado na literatura para tratamento documental. Esta forneceu orientações operacionais fundamentais quanto ao tratamento arquivístico e as fontes de pesquisa, permitindo a apreensão de

conceitos, estruturas, conjuntos documentais e instrumentos de acesso, recorte de pesquisa, formas e etapas de trabalho e definição de termos.

A organização dos geoindicadores relevantes para a compreensão das modificações na dinâmica fluvial, tais como largura e profundidade dos canais podem viabilizar, por exemplo, a identificação da área de inundação mais freqüente e/ou de maior magnitude na fase pré-intervenção, responsáveis por parte da morfologia do sistema, e possibilitará a comparação com as áreas de inundação atuais nessa planície, evidenciando a dimensão das mudanças provocadas pelo homem.

Trata-se de infra-estrutura para pesquisas de avaliação ambiental já que busca a identificação de fontes de informação para compreensão geomorfológica dos sistemas fluviais em situação pré-antropogênica e pós-antropogênicas, além de contribuir positivamente no estágio de artificialidade que o sistema atingiu, na identificação do grau de desenvolvimento das técnicas empregadas nas obras de engenharia transformadoras deste sistema físico e dos agentes sociais influentes na produção do espaço urbano do município de São Paulo. Parte dos resultados reside na compreensão das mudanças ocorridas nos sistemas fluviais dos rios Tietê e Pinheiros, no município de São Paulo, exemplo de apropriação urbana dos sistemas fluviais. Configura tentativa pioneira no qual seus resultados atingem a esfera geográfica, geomorfológica e arquivística.

## RESULTADOS

A etapa inicial referiu-se ao levantamento exaustivo das fontes documentais e teve por objetivo a identificação (localização) de documentos e a seleção de arquivos que apresentassem em seus acervos volume expressivo de documentos e/ou exemplares significativos para a compreensão das transformações ocorridas nos sistemas fluviais referidos.

Este levantamento buscou documentos como relatórios técnicos, projetos executivos de engenharia, fotografias aéreas e terrestres, mapas topográficos antigos, entre outros. Trata-se de um longo período do ponto do vista da análise histórica da sociedade e de uma ampla variedade de tipos documentais, com características e estruturas informativas próprias e que necessitam do desenvolvimento de metodologias analíticas e descritivas adequadas e adaptadas os propósitos da pesquisa geomorfológica.

Foi possível a seleção de dois arquivos, depositários de expressivo volume de documentação referente aos sistemas fluviais do Rio Tietê e do Rio Pinheiros e que apresentam sistemas organizacionais em operação que permitem o acesso aos documentos:

- Acervo da Fundação do Patrimônio Histórico e da Energia do Estado de São Paulo (FPHESP), entidade de direito privado, sem fins lucrativos, que tem em seus objetivos o recolhimento, guarda, inventário, preservação e divulgação do acervo documental a respeito da história da energia, industrialização e urbanização do Estado de São Paulo, implicados no desenvolvimento das atividades energéticas. É depositária de documentação exclusiva a respeito dos sistemas fluviais em estudo, tendo em vista importantes intervenções que foram realizadas pela antiga Light&Power e pela Eletropaulo Eletricidade de São Paulo.

Este arquivo foi objeto de um trabalho desenvolvido pela Profa. Dra. Cleide Rodrigues junto a uma equipe interdisciplinar de organização do acervo, destacando as informações de natureza geográfica presente nos diferentes documentos encontrados. Outra pesquisa que contou como fonte documentos do acervo da FPHESP foi o da Prof. Dra. Odette Carvalho de Lima Seabra, em que discutiu a transformação dos rios Tietê e Pinheiros, devido a supressão dos meandros, edificação das “várzeas” e retificação do rio, no sentido dos processos de apropriação urbana, sob o escopo da chamada Geografia urbana.

- Biblioteca do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), arquivo público, autarquia do Governo do Estado de São Paulo, responsável desde 1951 pelo gerenciamento dos recursos hídricos no estado. Entre suas atribuições está a elaboração de projetos para obras de regularização dos cursos d'água, drenagem e proteção contra inundação.

Neste acervo foram encontrados exemplares valiosos para compreensão das intervenções realizadas no sistema fluvial meândrico do Rio Tietê. Entre os quais o Relatório da Comissão de Melhoramentos do Rio Tietê, do engenheiro Lysando Pereira da Silva, que traz levantamentos realizados até 1950 para o projeto de retificação do rio. Apresenta em um único volume, dados sobre a dinâmica fluvial, seções transversais de projeto e o projeto do traçado do rio retificado.

Outros acervos também considerados encontram-se nas empresas de engenharia responsáveis pelas recentes intervenções nos sistemas fluviais referidos, nas quais estamos estabelecendo contato e solicitando o acesso. Estas empresas possuem exemplares significativos de inventários anteriores e levantamentos atuais realizados para elaboração de relatórios de diagnósticos ambientais relativos as atuais intervenções, por exemplo, o Estudo de Impacto Ambiental para o Projeto de Aprofundamento da Calha do Rio Tietê, de 1998. Entre as empresas selecionadas estão a Maubertec, responsável por este projeto e as empresas do Consórcio Enger-CKC-Promon, Camargo Correia, e Triunfo, responsáveis pelas obras de intervenção que vem sendo realizadas.

Testes foram realizados com alguns geoindicadores expressivos que podem fornecer informações valiosas para futuros desdobramentos e monitoramentos. Interessante os resultados obtidos a partir dos dados retirados de alguns relatórios sobre mudanças na seção transversal (Figura 3) e uma série histórica das vazões do canal do Rio Tietê (Tabela 2). As seções demonstram as mudanças, ao longo de um período de cerca de 100 anos, na profundidade e na largura do canal decorrentes das obras de retificação, desassoreamento, aprofundamento da calha e a própria dinâmica fluvial que busca um novo estado de equilíbrio. O aumento sucessivo das vazões exige redimensionamentos dos projetos e novas intervenções. Esses indicadores podem ser relacionados à mudanças na granulometria dos sedimentos e denunciar mudanças na energia do fluxo, além das associações com os projetos de engenharia (CUSTÓDIO, 2001) com as taxas de urbanização e aos tipos de urbanização dos períodos considerados (LIMA, 1990; CARVALHO, 2002).

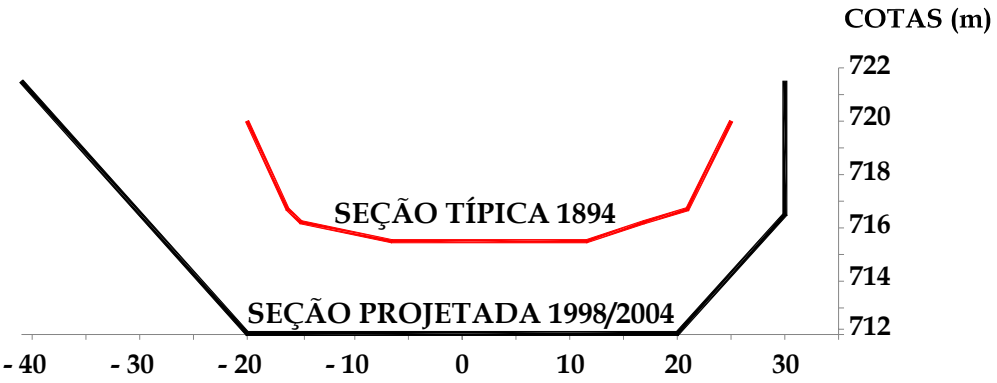


Figura 3. Evolução da Seção Transversal do Rio Tietê a montante da foz do Tamanduateí 1894 e 1998/2004 (Fonte: BRITO, 1926 e MAUBERTEC, 1998 - Organizado por CARVALHO, 2004)

Tabela 2: Principais vazões de projetos (Fonte: DAEE, 1982)

| ano | projetista | Vazões de projeto (m3/s) | |
|---|---|---|---|
| | | Guarulhos-Tamanduateí | Tamanduateí- Guarulhos |
| 1894 | J.P.Ferraz | - | 174 |
| 1922 | J.A. Fonseca Rodrigues | - | 360 |
| 1925 | Saturnino de Brito | 300-400 | 300-400 |
| 1950 | Lysandro P. da Silva | 320-450 | 430-560 |
| 1968 | Hibrace | 515 | 650 |
| 1980 | Promon | 500 | 850 |

Outra ordem de resultados refere-se exclusivamente aos objetivos de sistematização da documentação (Tabela 3) visando a identificação de indicadores geomorfológicos e trata-se da metodologia de análise documental elaborada.

Tabela 3: Modelo de Ficha de Pesquisa por Geoindicador (Elaborada por CARVALHO, 2004)

| | |
|---|---|
| ARQUIVO | GEOINDICADOR<br>(SEÇÃO TRANSVERSAL, PROFUNDIDADE, LARGURA, ETC.) |
| ESTADO DE CONSERVAÇÃO | |
| LOCAL DEPOSITADO | |
| TOMBO | |
| TIPO DOCUMENTAL (relatório, projeto, estudo, eia-rima, etc.) | DATA E LOCAL DA PUBLICAÇÃO (nº da edição) |
| TÍTULO (E SUBTÍTULO) | NÚMERO DA PÁGINA E VOLUME |
| RESPONSÁVEIS (ORGÃO E TÉCNICOS) | NÚMERO TOTAL DE VOLUMES E PÁGINA |
| DATA DA COLETA DO DADO | |
| LOCAL DE COLETA DO DADO | |
| TÉCNICA DE COLETA: | |
| ( ) PROJETO ( ) EMPÍRICO | |

A última etapa da pesquisa tem por objetivo avaliar o potencial de utilização da documentação histórica investigada para a leitura dos geoindicadores de mudanças ambientais. A análise levará em consideração a viabilidade sobre o conhecimento de sistemas geomorfológicos originais em países subdesenvolvidos, quanto as possibilidades de pesquisa para o tratamento dos efeitos da urbanização em meio tropical úmido nos sistemas fluviais sobre a documentação existente. Esta avaliação vem sendo realizada durante o processo de investigação documental e será concluída concomitante a redação final da dissertação de mestrado.

## REFERÊNCIAS

AB´SABER, A.N. **Geomorfologia do Sítio Urbano de São Paulo**, 1957, 343p, Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia Ciências e Letras, Universidade de São Paulo, São Paulo;

BERGER, A.R. (org.) **Geoindicadores - Assessing rapid environmental changes in Earth systems**, Rotterdam: Brookfield e A.A.Balkema, 1996, 446p.;

BRITO, F.S. de **Relatório Melhoramentos do Rio Tietê**, São Paulo: Seção de Obras/Estado de São Paulo, 1926, 280p.;

CARVALHO, D.L.R **Ensaio de Cartografia Geomorfológica de Detalhe sob a abordagem da Antropogeomorfologia, Bairro do Jardim Serrano, Ribeirão Pires -RMSP**, 2002, 61p.,(Trabalho de Graduação Individual) - Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, Departamento de Geografia, São Paulo;

CHRISTOFOLLETI, A. **Geomorfologia Fluvial - O canal fluvial**, São Paulo: Edgard Blücher, 1981, 312p.,vol. 1;

COLTRINARI, L. & McCALL, G.J.H. Workshop Internacional sobre Indicadores de Mudanças Ambientais, **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, n.74, p.83-88, 1996;

COOKE,R.U.& DOORNKAMP, J.C. **Geomorphology in Environmental Management**, Oxford: Oxford University Press, 1974;

CUNHA, S. B. **Impactos da obras de engenharia sobre o ambiente biofísico da bacia do Rio São João (Rio de Janeiro - Brasil)**, 1995, 380p., Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro;

CUSTÓDIO, V. A **Persistência das inundações na Grande São Paulo**, 2001, 294p., Tese (Doutorado em Geografia Humana) - Faculdade de Filosofia Ciências e Letras, Universidade de São Paulo, São Paulo;

DAEE, **Comportamento Hidráulico do rio Tietê entre a Penha e a barragem Edgard de Souza**, São Paulo: Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo, 1982, 153p;

DOUGLAS, I **The urban environment**, London: Edward Arnold, 1982;

GREGORY, K. J. **A Natureza da Geografia Física**, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1992, 367p.;

GUPTA, A. Geoindicators for tropical urbanization, In: REGIONAL CONFERENCE ON GEOMORPHOLOGY, 1999, Rio de Janeiro, **Anais**..., Rio de Janeiro: UFRJ;

HART, M.G. **Geomorphology pure and applied**, London: George Allen & Unwin, 1986, 226p.;

LIMA, C. R. **Urbanização e intervenções no meio físico na borda da Bacia Sedimentar de São Paulo: uma abordagem geomorfológica**, 1990, 78p., Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, Departamento de Geografia, São Paulo;

MAUBERTEC **Engenharia e Projetos de melhoria hidráulica do Rio Tietê**, São Paulo: Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo, 1998;

NIR, D. **Man a geomorphologycal agent: an introduction to anthropic geomorphology**, Jerusalém: D. Reidel Publishing Company, Dordrecht e Ketter Publishing House, 1983,161p.;

RODRIGUES, C. **Geomorfologia Aplicada: Avaliação de experiências e de instrumentos de planejamento físico-territorial e ambiental brasileiros**, 1997, Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, Departamento de Geografia São Paulo;

RODRIGUES, C. Documentos Geográficos: arquivos de fotos aéreas como opção de pesquisa, **Memória Energia**, Fundação do Patrimônio Histórico da Energia de São Paulo, São Paulo, nº28, p. 26-41, 2001;

RODRIGUES, C. A urbanização da metrópole sob a perspectiva da geomorfologia: tributo a leituras geográficas. In: CARLOS, A.F.A.(Org.) **As Geografias de São Paulo**, DG/FFLCH/USP, São Paulo: Contexto, 2004;

RODRIGUES, C. On Anthropogeomorphology, In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 1999, Rio de Janeiro, **Anais**...;

RODRIGUES,C.&COLTRINARI,L. Geoindicators of urbanization effects in humid tropical environment: São Paulo (Brazil) Metropolitan Area, In:INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 2004, Florença: **Anais**...;

SEABRA, O. C. de L. **Os Meandros dos Rios nos meandros do poder Tietê e Pinheiros - Valorização dos rios e das várzeas na cidade de São Paulo**, 1987, Tese (Doutorado em Geografia Humana), Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, Departamento de Geografia, São Paulo;

SILVA, L.P. **Relatório da Comissão de Melhoramentos do Rio Tietê**, São Paulo: Secretaria de Obras/Município de São Paulo, 1950, 270p;

TOY, T. & HADLEY,R.F. **Geomorphology and reclamation of disturbed lands**, London: Academic Press Inc., 1987;

TRICART, J. **Ecodinâmica**, Rio de Janeiro: IBGE/ SUPREN, , 1977, 97p., (Recursos Naturais e Meio Ambiente);